

模型車いすの走行特性

環境・エネルギー研究領域次世代動力研究グループ * 平田宏一
キャノン 牧田安弘
旭テック 榊原寛明

1. まえがき

車いすは、船舶のように動揺している走行面での操作が困難であり、その安全性について詳細に議論する必要がある。本来であれば、実際の船において、初心者から熟練者まで様々な操作者による車いすの走行実験を行い、その結果に基づき、車いすの安全性について検討することが望ましい。しかし、実際の車いすを用いた実験では実船実験の実施または動揺を再現する大規模な実験装置が必要になり、非常に大がかりになる。そこで、車いすの基本特性を調べる実験ツールとして、2 種類の車いす模型を開発した。

2. 車いすの種類と特徴

車いすは、左右後輪に駆動力を与えて走行し、左右後輪に異なった駆動力を与えて旋回する。そして、自動車のようなステアリング機構を持たず、前輪キャスタが用いられている。図 - 1 に示すように車いすには、操作者がハンドリムに駆動力を与える手動車いすと電気モータにより後輪に駆動力を与える電動車いすがある。それらの特徴は次の通りである。

2.1 手動車いす

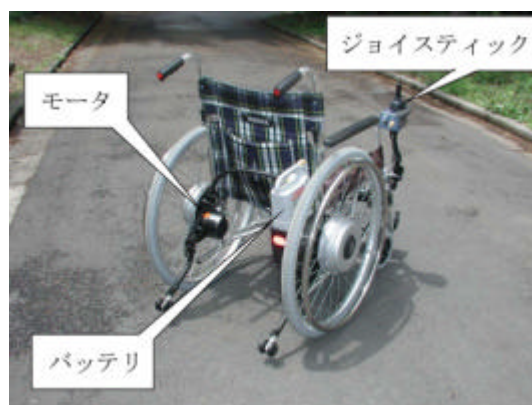
手動車いすを操作するとき、運転者は左右後輪に取り付けられたハンドリムに駆動力またはブレーキ力を与える。また、駆動力を与えていないとき、すなわち腕を引き戻しているときには、車いすは駆動時の慣性で走行する。手動車いすの特徴として、このように断続的な駆動力を与えて走行していることがあげられる。また、車いすの前輪キャスタは旋回方向に回転自由であるので、慣性走行時の手動車いすは、傾斜面を横断走行する場合や動揺面を走行する場合、谷側方向に旋回しやすい。

2.2 電動車いす

通常の電動車いすは、ジョイスティックと呼ばれ



(a) 手動車いす



(b) 電動車いす

図 - 1 車いすの種類

る 1 本のレバーにより速度及び進行方向を調節する。手動車いすがハンドリムにより断続的なトルクを与えるのに対し、電動車いすは電気モータにより連続的なトルクを与える点が大きく異なる。

3. 車いす模型の開発

以上のような車いすの特徴を踏まえて、2 種類の車いす模型を設計・試作した。

3.1 手動車いす模型の開発

実際の手動車いすを用いて走行特性を測定する場合の問題点として、操作の熟練度による個人差が大

きく、再現性のあるデータをとりにくいことがあげられる。そこで、実際の手動車いすの運動を模擬するための実験ツールとして、手動車いす模型を開発した。

図 - 2 に試作した手動車いす模型を示す。実験の容易性を考慮し、縮尺を $1/3$ とし、前輪及び後輪の直径やそれらの配置等の主要寸法を決定した。車輪にはゴム製のリングを装着し、前輪は実機を模擬したキャストとしており、旋回方向に滑らかな回転が可能である。左右後輪はラジコン模型用直流モータによって駆動しており、4枚の歯車を組み合わせることによって直流モータの回転数を $1/59$ に減速させた。モータのトルクや回転数は、実際の手動車いすの走行を模擬するのに十分な能力となっている。後輪と車軸の間には、ワンウェイクラッチを取り付け、モータが正方向に回転するときには、後輪に駆動力を伝え、モータ静止時には、後輪はフリーな状態になり、実際の手動車いすと同様の慣性走行となる。直流アンプを介してモータに接続したマイクロコンピュータには、後輪に断続的な駆動力を与える

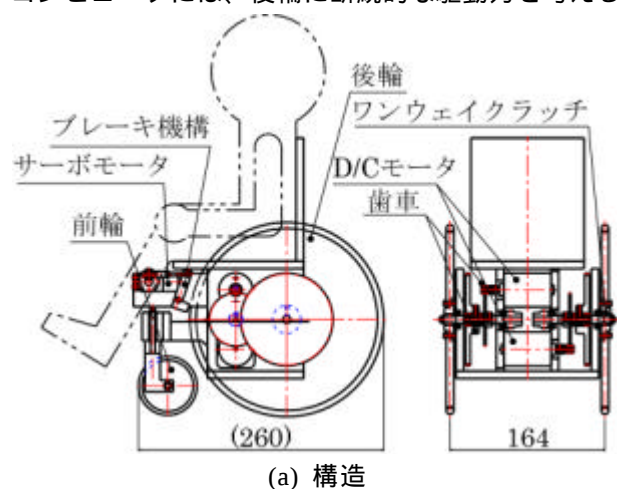


図 - 2 手動車いす模型

ためのプログラムが書き込まれている。後輪の前方には、サーボモータを用いたブレーキ機構を取り付けた。駆動力とブレーキ機構は、無線による遠隔操作を行う。

3.2 電動車いす模型の開発

動揺条件下における電動車いすの運転結果を工学的に調査した例は少なく、その挙動や操作特性は明らかではない。そこで、動揺条件下における電動車いすの特性を明らかにすることを主目的とし、縮尺 $1/4$ 程度の電動車いす模型を開発した。

図 - 3 に本研究で設計・試作した電動車いす模型を示す。手動車いす模型と同様、車輪にはゴム製のリングを装着し、実機を模擬した前輪キャストとした。図 - 1(b)に示した実際の電動車いすは直流モータにより駆動しているが、本模型では実験の容易性を考慮して、回転角度制御が可能なパルスモータを使用した。パルスモータはマイクロコンピュータに書き込まれたプログラムに従って運動する。なお、プログラムによって前進・後進・旋回等の様々な運動が可能であるが、後述する走行実験では左右のパルスモータに同一の信号を送り、同一の回転速度で運転している。

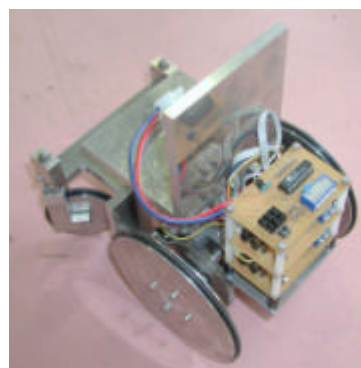
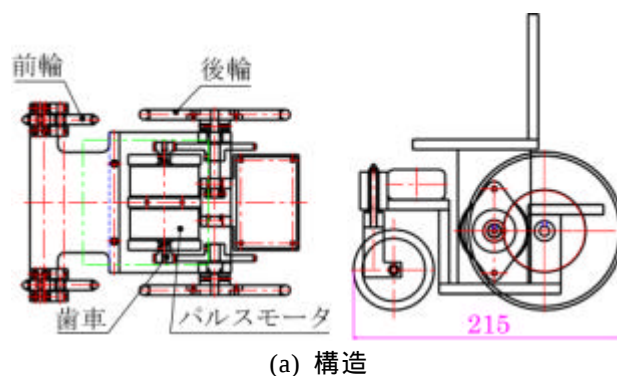


図 - 3 電動車いす模型

4. 車いす模型の走行特性

以上の車いす模型を用いて、傾斜面における横断走行並びに別途開発した簡易的な小型動揺台における走行実験を行った。

4.1 手動車いす模型の走行特性

試作した手動車いす模型を用いて、傾斜角度を 0、3、5、7 及び 9° とした傾斜面において横断走行を行った。走行実験においては、直進走行を保つように駆動力の有無及びブレーキ力の強さを無線により遠隔操作した。その際、路面の上方に設置したビデオカメラによって走行軌跡を調べた。

図 - 4 は、ビデオカメラで得られた画像の一例である。ブレーキ操作を遠隔操作しているため、走行軌跡の再現性はかなり乏しい。同図には、それぞれの傾斜角度における走行特性がよく現れている結果を載せている。これより、傾斜角度が小さい場合、加えるブレーキ力が小さいため、比較的高い速度を維持し、概ね直進走行が保たれていることがわかる。一方、傾斜角度が大きくなると、直進走行を保つために強いブレーキ力を頻繁に与える必要が生じ、速

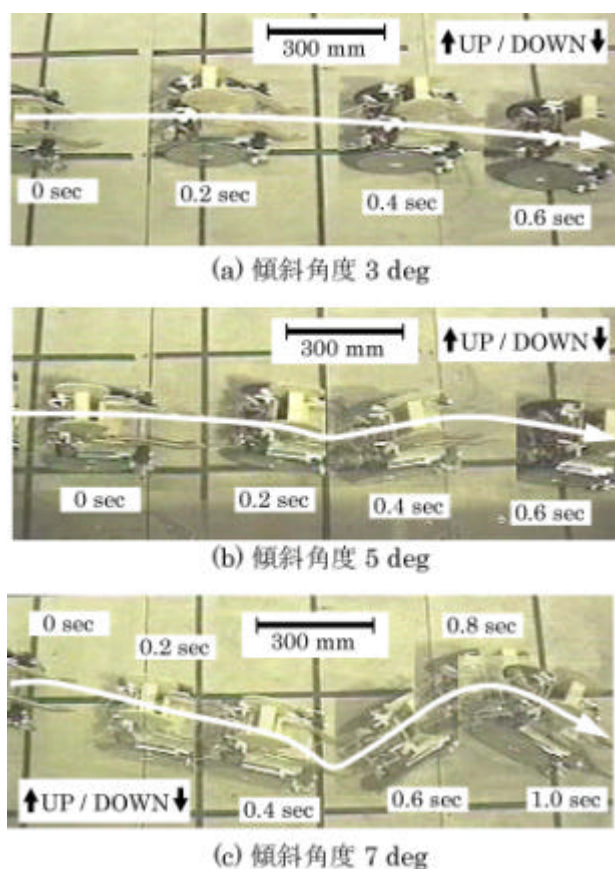


図 - 4 手動車いす模型の走行軌跡

度変動が大きくなる。また、手動車いす模型を操作する際、傾斜角度が大きいほど直進を保つのが著しく難しくなった。これらの傾向は実際の車いすの特性や操作感によく一致している。

また、本実験において、直流モータの消費電力及び後輪にかかるブレーキ力を測定した結果、傾斜角度が大きくなるに従ってブレーキ操作の回数が増えることが確認された⁽¹⁾。さらに、直進を保つためのブレーキ操作が複雑になり、ブレーキ力を加えている時間が長くなった。これらの傾向は実際の車いすの特性と概ね同じである。

4.2 電動車いす模型の走行特性

試作した電動車いす模型を用いて、傾斜面における横断走行及び小型動揺台上での走行実験を行った。

傾斜路面における走行実験においては、傾斜角度を 3° から 12° まで変化させ、路面の上方に設置したビデオカメラによって電動車いす模型の軌跡を調

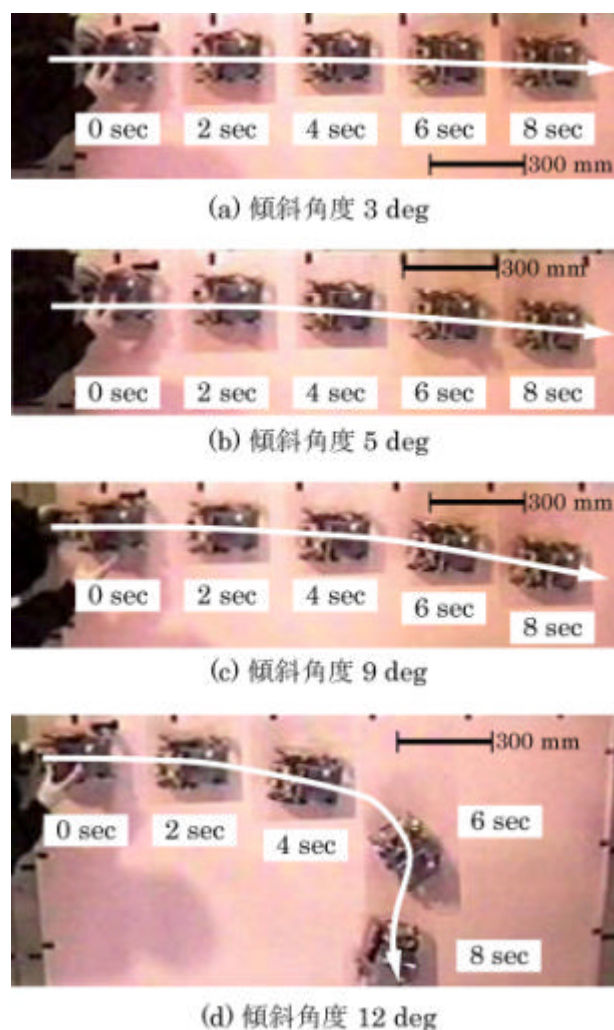


図 - 5 電動車いす模型の走行軌跡

べた。図 - 5 に軌跡の連続写真を示す。これより、電動車いす模型は、傾斜角度の増加に伴って谷側への落下が大きくなることがわかる。また、 9° 以下の傾斜角度では、緩やかに旋回しているが、傾斜角度を 12° とした場合、走行距離 600 mm 付近から急激に旋回することが確認された（図 - 5(d)）。これは、電動車いす模型が徐々に谷側を向いた結果、山側後輪の荷重が小さくなり、山側後輪がスリップしたためである。すなわち、電動車いすは傾斜路面であっても比較的安定した走行が可能であるが、山側後輪がスリップすると急激な旋回運動が生じる危険性が高いことが確認された。

小型動揺台での走行実験は、最大傾斜角度を約 5° 、周期を 1～4 秒に変化させて行った。その際の電動車いす模型の挙動をビデオカメラで撮影した。図 - 6 は周期を約 4 秒としたときの走行軌跡である。電動車いす模型を動揺条件下で走行させると、傾斜角度に応じてわずかに旋回する。本実験では進路の補正を行っていないため、直進走行が保たれず、最初に旋回した方向に走行を始める。一方、周期を短くした場合はほとんど旋回することなく、概ね直進走行を保つことができた。すなわち、船舶のような周期が長い動揺条件下で電動車いすが走行する場合、直進走行を保つためには適切な進路補正を行う必要があると考えられる。なお、本実験の範囲においては大きなスリップは生じなかった。

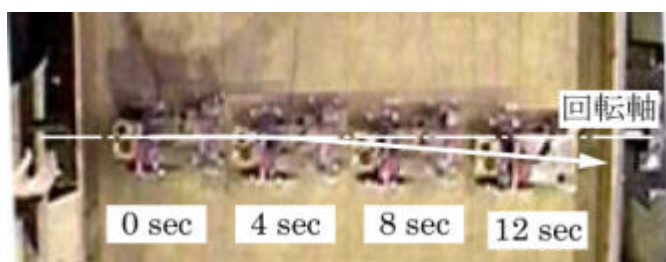


図 - 6 動揺条件下における電動車いす模型の走行軌跡

5. あとがき

本報では、船舶バリアフリーのために開発した 2 種類の模型車いすについて概説し、傾斜路面及び小型動揺台における走行実験の結果について報告した。

手動車いす模型を用いた実験では、本来の目的である再現性が高い測定データを得るには至らなかったため、動揺条件下における手動車いすの暴走の危険性については考察できなかった。しかし、定性的な走行特性は実機を概ね模擬できることが確認できた。また、手動車いす模型の駆動・慣性時間や周期はマイクロコンピュータのプログラムにより任意に設定できる。それらのパラメータを変更して測定を行うことで、詳細な走行特性及び安全性について検討できると考えられる。

一方、傾斜条件下並びに動揺条件下における電動車いす模型を用いた実験より、電動車いすは動揺条件下であっても比較的安定した走行が可能であることが確認された。しかし、傾斜角度が極端に大きい場合、後輪のスリップに起因する暴走の危険性が高いことがわかった。また、パルスモータを使用し、左右後輪に同一の回転速度を与えても、山側後輪のわずかなスリップの影響を受けるため、進路調整の操作が必要となることが確認された。電動車いす模型をジョイスティック等により外部から操作できる構造とすれば、走行特性ばかりでなく、操作特性の詳細な検討も可能であると考えている。

参考文献

- (1) 平田宏一、牧田安弘、榊原寛明、河野哲平、御法川学、船舶バリアフリーのための模型車いすの開発、日本機械学会第 10 回交通・物流部門大会講演論文集、p.341-342 (2001 年 12 月)。